

EXERCICE 1 : LA PILE CUIVRE-ALUMINIUM ET LE CONDENSATEUR (8 POINTS)

Les questions IV, V et VI peuvent être résolues indépendamment les unes des autres et indépendamment de la résolution des questions I, II et III.

LA PILE CUIVRE-ALUMINIUM

I. On introduit dans un becher un volume $V = 50$ mL d'une solution de chlorure d'aluminium ($\text{Al}^{3+} + 3 \text{Cl}^-$), de concentration en soluté apporté $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$, dans laquelle plonge une lame d'aluminium. Dans un second becher, on introduit un volume $V = 50$ mL d'une solution de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$), de concentration molaire en soluté apporté $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$, dans laquelle plonge une lame de cuivre. On relie les deux bechers à l'aide d'un pont salin contenant du nitrate d'ammonium ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$).

Lorsqu'on branche un voltmètre électronique avec sa borne COM reliée à l'électrode d'aluminium, on mesure une différence de potentiel $U = + 1,8 \text{ V}$.

I.1. Quelle est la polarité de la pile ?

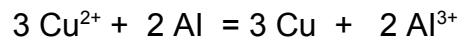
I.2. Quel est le rôle du pont salin ?

II. On relie la pile à un conducteur ohmique.

II.1. Faire un schéma légendé en indiquant le sens du courant dans le circuit, et en représentant le déplacement des différents porteurs de charge à l'intérieur et à l'extérieur de la pile.

II.2. Écrire et nommer les réactions qui se produisent aux électrodes.

II.3. Montrer que la transformation entre les deux couples peut s'écrire :



II.4. La constante d'équilibre associée à la transformation est $K = 10^{20}$.

II.4.1. Calculer le quotient de réaction initial.

II.4.2. Montrer en appliquant le critère d'évolution spontanée que le sens d'évolution est cohérent avec le fonctionnement de la pile.

III. La pile fonctionne pendant 1 h 30 min en débitant un courant d'intensité constante $I = 40 \text{ mA}$.

Données : Le faraday: valeur absolue de la charge d'une mole d'électrons de symbole F
 $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$
Masse molaire de l'aluminium: 27 g.mol^{-1}

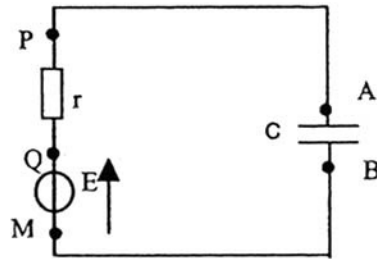
III.1. Calculer la quantité d'électricité Q échangée pendant 1 h 30 min.

III.2. Calculer la quantité de matière d'électrons n_e échangée pendant cette durée.

III.3. Donner la relation entre n_e et n_{Al} , quantité de matière d'aluminium ayant disparu.

III.4. Calculer la perte de masse de l'électrode d'aluminium.

IV. La pile est équivalente à l'association série d'un générateur de tension de force électromotrice $E = 1,8 \text{ V}$ et d'un conducteur ohmique de résistance r . On remplace le conducteur ohmique par un condensateur branché entre les bornes P et M de la pile (voir schéma ci-après).



IV.1. Recopier le schéma ci-dessus sur la copie en représentant :

- le sens du courant au cours de la charge du condensateur,
- les flèches représentant les tensions u_{QM} , u_{QP} et u_{AB} .

IV.2. Quel est le signe de la charge prise par l'armature A du condensateur au cours de la charge ?

IV.3. À chaque instant, la charge q_A de l'armature A du condensateur est proportionnelle à la tension u_{AB} entre ses armatures A et B. Quels sont le nom et l'unité de ce coefficient de proportionnalité ?

V. Étude de la variation de la tension aux bornes du condensateur au cours du temps lorsqu'il est soumis à un échelon de tension.

V.1. À l'aide d'un graphique, expliquer ce qu'est un échelon de tension E .

V.2. L'équation différentielle permettant de déterminer la tension u_{AB} aux bornes du condensateur est de la forme :

$$E = r.C. \frac{du_{AB}}{dt} + u_{AB}$$

V.2.1. Que représente la grandeur C ?

V.2.2. La solution de cette équation différentielle est : $u_{AB} = E \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$. En déduire l'expression de la constante τ .

V.2.3. Quelle est l'unité de τ ? Le vérifier par analyse dimensionnelle. Quel nom donne-t-on à τ ?

V.2.4. Quelles valeurs, écrites en fonction de E , prend la tension u_{AB} aux dates suivantes :

$$t = \tau \quad t = 3\tau \quad t = 5\tau \quad t = 10\tau ?$$

V.2.5. À partir de ces résultats, dessiner l'allure de la courbe $u_{AB} = f(t)$ de $t = 0$ à environ $t = 6\tau$.

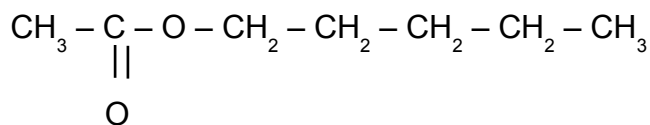
VI. Après avoir chargé un condensateur de capacité $C = 100 \text{ mF}$ sous la tension $E = 1,8 \text{ V}$, on le décharge dans un moteur qui en tournant provoque la montée d'une hauteur h , à vitesse constante, d'un solide S de masse $m = 100 \text{ g}$.

Donnée : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

VI.1. Quelle est l'énergie maximale E emmagasinée dans le condensateur ?

VI.2. De quelle hauteur h pourrait monter le solide si le transfert d'énergie se faisait avec un rendement de 100 % ?

L'éthanoate de pentyle ou parfum de poire est plus connu sous le nom d'acétate d'amyle. Il peut être obtenu par réaction de l'acide acétique avec l'alcool amylique, alcool extrait jadis de la pomme de terre, tubercule riche en amidon. La formule semi-développée est :



I. Étude théorique

I.1. Nommer la fonction chimique présente dans cette molécule.

I.2. L'éthanoate de pentyle peut être obtenu à partir de deux réactifs A et B.

1.2.1. Le réactif A est l'acide carboxylique. Quelle est la fonction organique que contient le réactif B ? Écrire sa formule semi-développée.

1.2.2. Écrire l'équation de la réaction chimique conduisant à la formation de la molécule d'éthanoate de pentyle.

1.2.3. Nommer les réactifs **A** et **B** dans la nomenclature officielle ainsi que l'autre produit formé au cours de cette synthèse.

1.2.4. Quel est le nom de cette synthèse ?

II. Étude cinétique

II.1. Décrire une méthode opératoire permettant de suivre l'évolution de la quantité de matière du réactif A au cours du temps.

II.2. À un instant $t = 0 \text{ s}$, on mélange 0,50 mol de réactif A et 0,50 mol de réactif B identifiés à la question I.2.1. On ajoute une petite quantité d'acide sulfurique. Le milieu réactionnel est maintenu à une température constante de 25°C et le volume total du mélange réactionnel est $V = 83 \text{ mL}$.

II.2.1. Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

II.2.2. L'acide sulfurique intervient-il dans l'équation de la réaction ?

II.3. On détermine, toutes les 5 minutes, la quantité n de matière d'éthanoate de pentyle formée. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Temps en min | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| n en mol | 0,00 | 0,14 | 0,21 | 0,25 | 0,275 | 0,295 | 0,31 | 0,32 | 0,325 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 |

Les points correspondants sont reportés sur **la figure 1 de l'annexe 3** à remettre avec la copie.

II.3.1.a. Établir un tableau descriptif de l'évolution du système avec l'état initial, un état intermédiaire et l'état du système à la date $t = 60 \text{ min}$.

II.3.1.b. Donner la relation entre la quantité n d'éthanoate de pentyle et l'avancement x .

II.3.2.a. Définir la vitesse volumique de la réaction de formation de l'éthanoate de pentyle

II.3.2.b. Comment évolue cette vitesse de réaction au cours du temps ? Quel facteur cinétique permet d'expliquer cette évolution ?

II.3.2.c. Quel est l'état du système à partir de $t = 50$ min ?

II.3.3. Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Le déterminer graphiquement.

II.3.4. On considère maintenant le cas où la synthèse est faite sans ajout d'acide sulfurique.

II.3.4.a. Comment évolue le temps de demi-réaction par rapport à celui de la question précédente ?

II.3.4.b. Tracer sur le graphique de la figure 1, annexe 3 à remettre avec la copie, l'allure de la courbe représentant l'évolution au cours du temps de la quantité n d'éthanoate de pentyle lorsqu'il n'y a pas d'ajout d'acide sulfurique dans le milieu réactionnel. On précisera l'état final du système.

ANNEXE 3
(à remettre avec la copie)

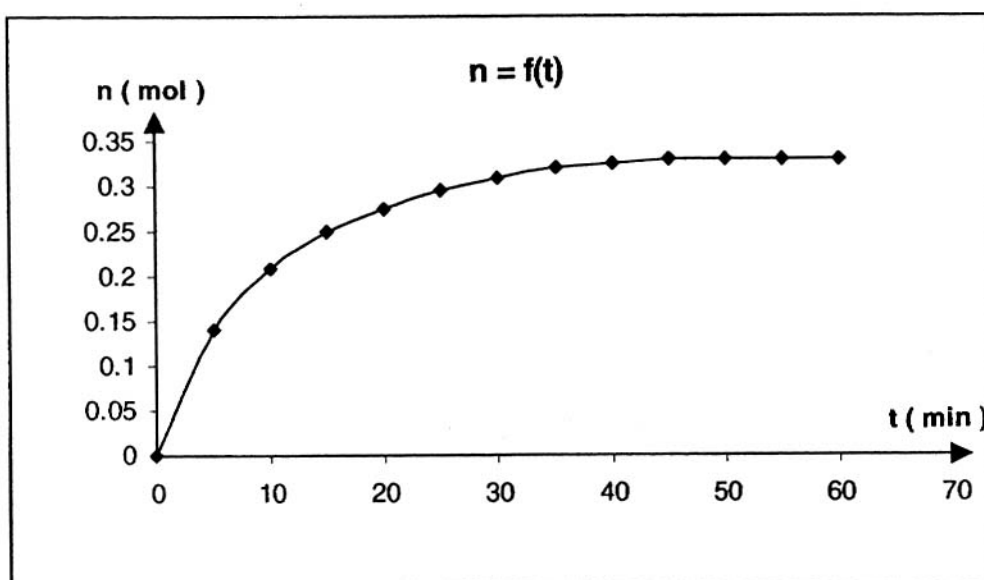


Figure 1

I. Étude sur une cuve à ondes.

On laisse tomber une goutte d'eau sur une cuve à ondes. Le fond de la cuve à ondes présente un décrochement de telle sorte que l'onde créée par la chute de la goutte d'eau se propage d'abord à la surface de l'eau dont l'épaisseur au repos est $e_1 = 3$ mm puis ensuite à la surface de l'eau dont l'épaisseur au repos est $e_2 = 1$ mm. On filme la surface de l'eau à l'aide d'une *webcam*. Le clip vidéo est effectué avec une fréquence de 24 images par seconde. **Le document 1 (annexe 1)** représente les positions du front de l'onde créée par la chute de la goutte d'eau, repérées sur les images n° 1, n° 7, n° 8 et n° 14 du clip.

- I.1. Donner les définitions d'une onde transversale et d'une onde longitudinale. À quelle catégorie appartient l'onde créée par la goutte d'eau sur la cuve à ondes ?
- I.2. Calculer la célérité c de cette onde pour les deux épaisseurs d'eau mentionnées dans le **document 1 (annexe 1)**. L'échelle de ce document est 1 (1 cm représente 1 cm).
- I.3. Comment varie, dans cet exemple, la célérité c de l'onde en fonction de l'épaisseur de l'eau ?

II. Ondes périodiques.

On installe sur la cuve à ondes un vibreur qui permet d'obtenir des ondes planes. La fréquence du vibreur a été fixée à 24 Hz. Une source lumineuse éclaire la surface de l'eau. Cette lumière traverse l'eau et est captée ensuite par la *webcam*. **Le document 2 d'échelle 1 (annexe 1)** représente l'onde périodique obtenue à partir d'une image du clip vidéo.

- II.1. Comment appelle-t-on la distance séparant deux franges brillantes (ou sombres) successives ? Quelle relation lie cette grandeur à la célérité c de l'onde et sa période temporelle T ?
- II.2. À l'aide du **document 2 (annexe 1)**, calculer la célérité c de l'onde périodique pour les deux épaisseurs d'eau de 3 et 1 mm. Quelle est l'influence de l'épaisseur de l'eau sur la célérité de l'onde périodique ?
- II.3. On utilise maintenant une cuve à ondes sans décrochement. L'épaisseur de l'eau au repos est constante. Après avoir fait varier la fréquence du vibreur, on a réalisé des photographies et on a mesuré la longueur d'onde λ pour chacun des enregistrements. Les résultats ont été consignés dans le tableau ci-dessous.

| | | | | |
|---------------|-------|--------|--------|--------|
| f (Hz) | 12 | 24 | 48 | 96 |
| λ (m) | 0,018 | 0,0097 | 0,0059 | 0,0036 |

Calculer la célérité c de l'onde périodique pour chaque enregistrement. Comment évolue cette célérité en fonction de la fréquence de l'onde ?

III. Un phénomène caractéristique des ondes.

III.1. Expérience sur les ondes lumineuses.

On place sur un faisceau laser une fente de dimension $a = 0,08$ mm. On place après la fente un écran. La distance entre la fente et l'écran est $D = 3,00$ m, (voir **figure 1 document 3 annexe 2**).

La figure obtenue sur l'écran est représentée sur la **figure 2 document 3 (annexe 2)**.

III.1.1. Comment se nomme le phénomène observé ?

III.1.2. L'écart angulaire θ entre le milieu de la tache centrale et la première extinction vérifie la relation :

$$\theta = \frac{\lambda}{a}.$$

Calculer la longueur d'onde de ce faisceau laser (on considérera que cet écart angulaire θ est faible et que donc $\theta \approx \tan\theta$ si θ est exprimé en radians).

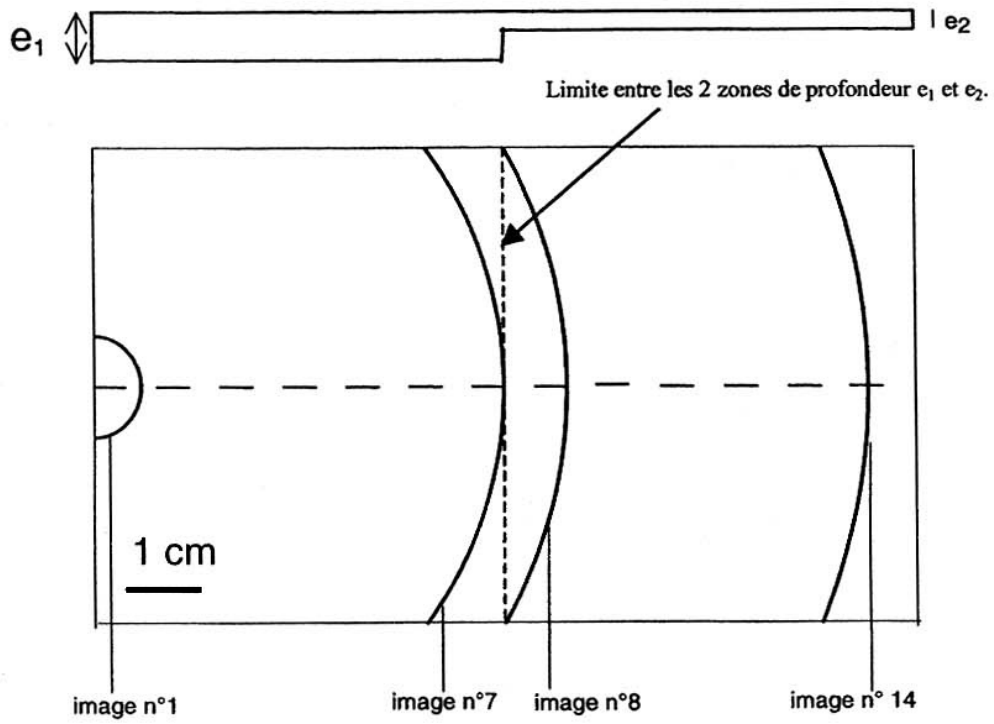
III.2. Étude sommaire de la houle.

La houle prend naissance sous l'effet du vent loin des côtes. Un vent de 65 km.h^{-1} engendre une houle dont les vagues font 1 mètre de hauteur. Ces vagues sont espacées de 230 mètres. Une vague remplace la précédente après une durée de 12 secondes.

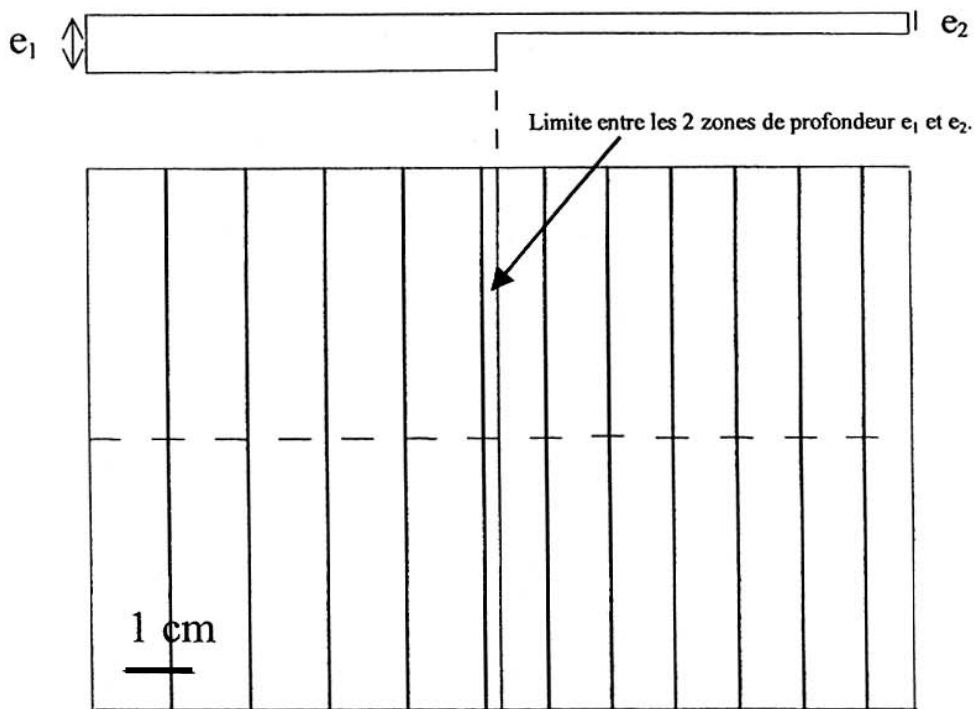
III.2.1. Calculer la vitesse de déplacement des vagues à la surface de l'océan.

III.2.2. Cette houle arrive sur un port dont l'ouverture entre deux jetées a une largeur $a = 200$ m. Un bateau est stationné au fond du port comme indiqué sur le schéma du **document 4**. Ce bateau risque-t-il de ressentir les effets de la houle ? Justifier la réponse à l'aide d'un schéma reproduit sur la copie.

Document 1



Document 2



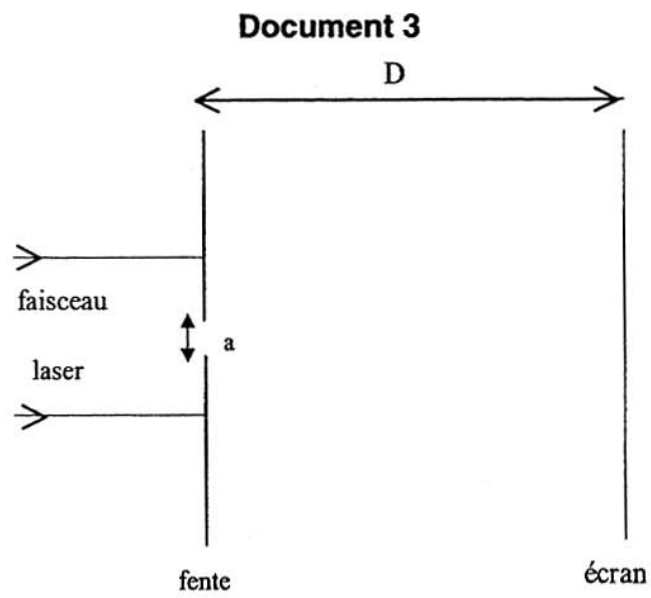


Figure 1 : schéma du dispositif

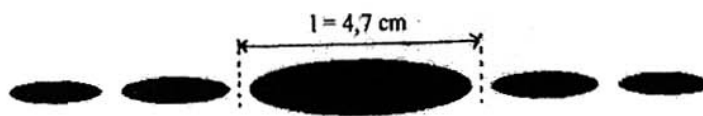
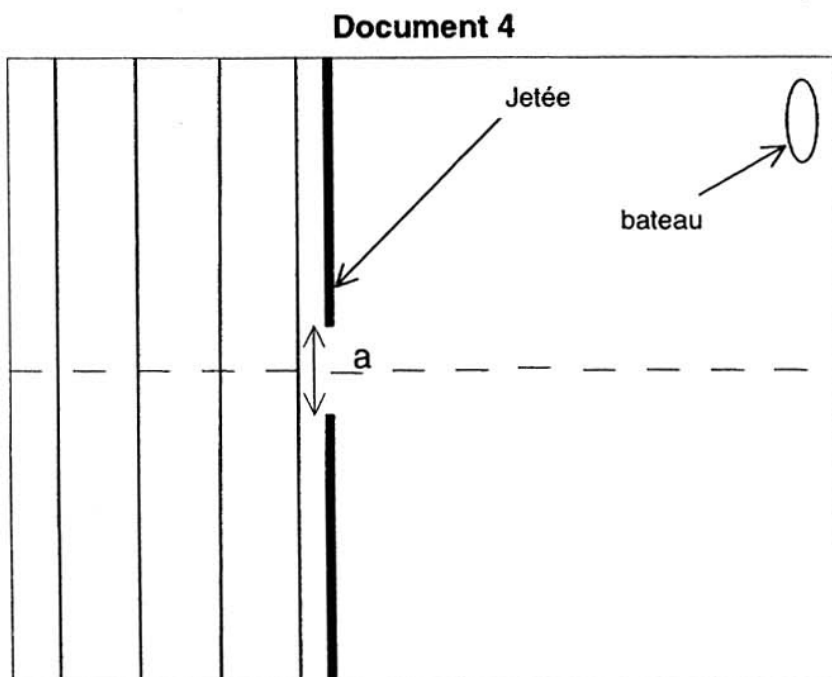


Figure 2 : Figure observée sur l'écran



I. Onde stationnaire le long d'une corde.**Description du montage (Cf. figure n° 1 annexe 1)**

Une corde métallique est fixée rigidement à l'une de ses extrémités **B**. Cette corde passe dans la gorge d'une poulie et on suspend à son autre extrémité une masse **m**. Cette corde peut vibrer entre le point **A** et le point **B**. Elle passe entre les branches d'un aimant en U placé à équidistance de **A** et **B**. On relie cette corde aux deux bornes d'un GBF (générateur basse fréquence). Le courant sinusoïdal traversant la corde permet de générer des ondes transversales. Pour des fréquences bien déterminées, des ondes stationnaires apparaissent entre les points **A** et **B**. On observe alors un ou plusieurs fuseaux de vibration. Ce montage représenté permet d'étudier les différents paramètres qui influent sur ces ondes stationnaires.

Pour la corde utilisée, on a obtenu un fuseau de vibration pour la fréquence $f = 40$ Hz.

- I.1. Comment appelle-t-on le mode de vibration pour cette fréquence $f = 40$ Hz ?
- I.2. Comment appelle-t-on les autres modes de vibration de la corde ? Quelles sont les valeurs des fréquences qui permettent de les obtenir ?
- I.3. Quelle est la relation liant la célérité c , la fréquence f , et la longueur d'onde λ de l'onde apparaissant dans la corde ?
- I.4. L'onde est stationnaire lorsque la distance parcourue par l'onde lors d'un aller et retour le long de la corde est égale à un nombre entier de longueur d'onde λ . Quelle est la relation liant la longueur L de la corde et la longueur d'onde λ ? Etablir la relation liant c , L et f .
- I.5. Quelle fréquence doit avoir le courant sinusoïdal pour obtenir deux fuseaux de vibration ? Où est-il judicieux de placer l'aimant dans ce cas là ?

II. Vibration d'une corde de guitare.

Le montage de la **figure n°1 (annexe 1)** permet de faire varier la tension mécanique **F** appliquée à la corde.

Le changement de corde permet d'étudier l'influence de la masse linéique.

Une étude complète permet d'établir que les différents modes de vibration d'une corde vérifient la relation :

$$f = \frac{k}{2.L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

k est un nombre entier

L : longueur de la corde en m

F : tension mécanique de la corde en N

μ : masse linéique de la corde en kg.m⁻¹

f : fréquence en Hz

Une guitare représentée **figure n°2 annexe 2**, comporte 6 cordes de masses linéiques différentes. Chaque corde est montée entre le chevalet et le sillet, elle est reliée à une clé permettant de régler sa tension (**figure n°3 annexe 2**). La distance **L** entre le chevalet et le sillet est **L = 65 cm**.

L'une des cordes, dite « corde n°2 », est la corde du **La₁** de fréquence 110 Hz.

II.1. Quel est l'intérêt de pouvoir régler la tension des cordes ?

II.2. Pourquoi les cordes ont-elles des masses linéiques différentes ?

II.3. Un musicien veut accorder la corde n°2. Avant l'accord, il pince cette corde n°2. On enregistre à l'aide d'un micro le son émis. On obtient l'enregistrement de la **courbe 1 (annexe 3)**

II.3.1. Quelle est la fréquence de la note émise ?

II.3.2. Un logiciel permet de faire l'analyse spectrale de l'enregistrement précédent. **Les courbes 2 et 3 de l'annexe 3** présentent deux diagrammes de fréquences. Lequel correspond à l'enregistrement précédent ? Justifier la réponse.

II.3.3. Comment le musicien doit-il agir sur la corde pour obtenir le **La₁** ?

ANNEXE 1
Exercice 3

Figure n°1 : montage

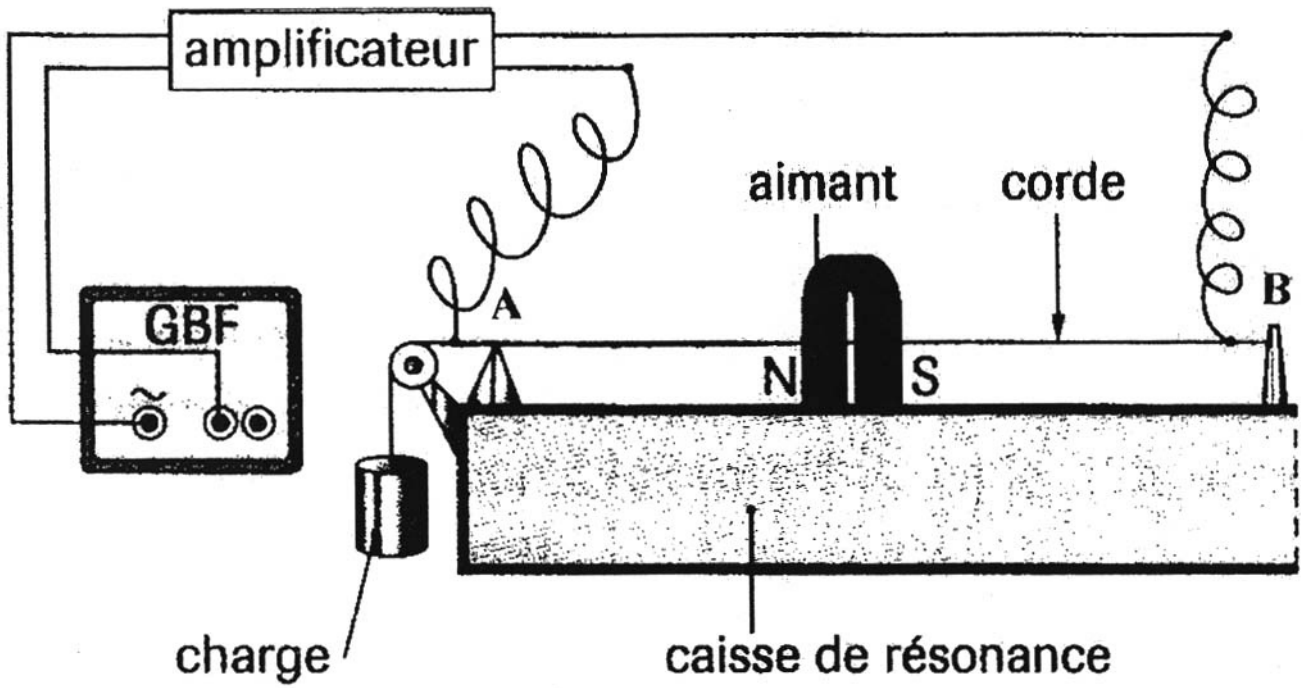


Figure n° 2 : guitare

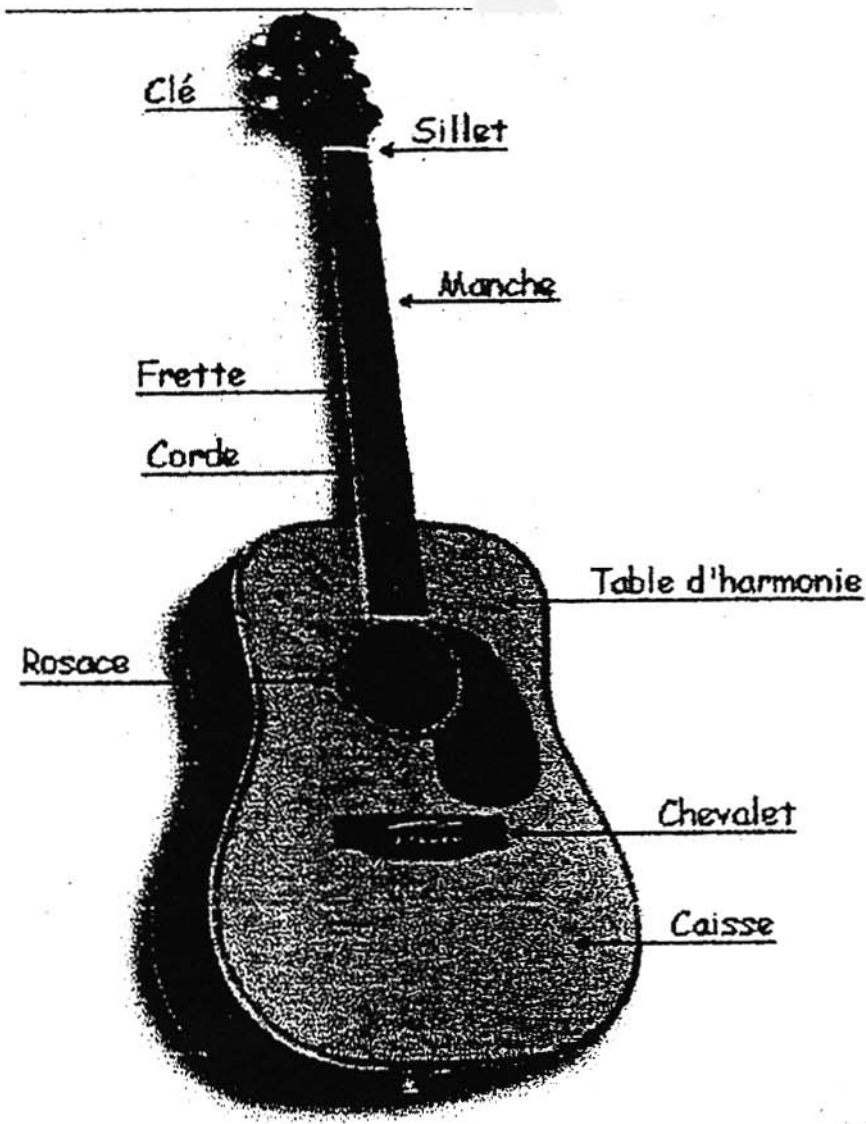
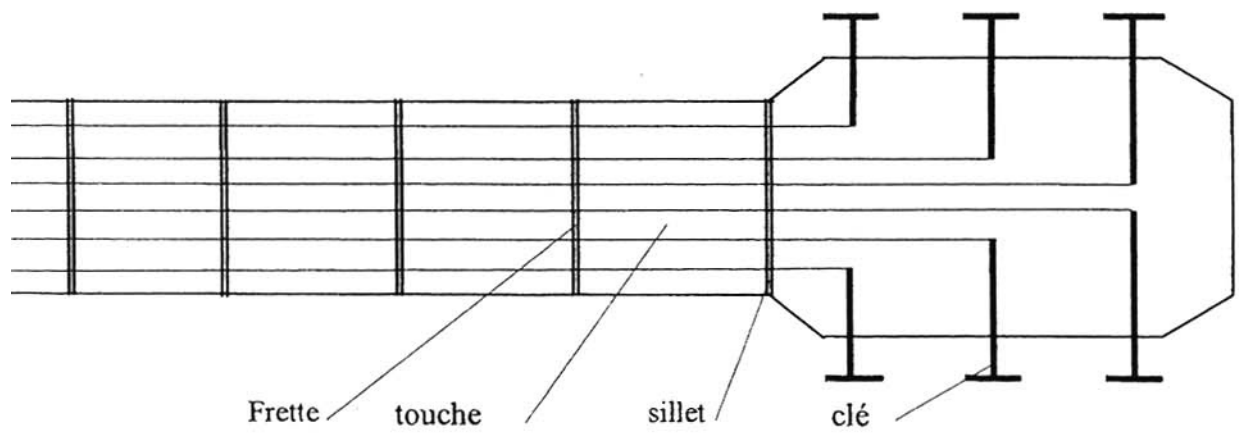
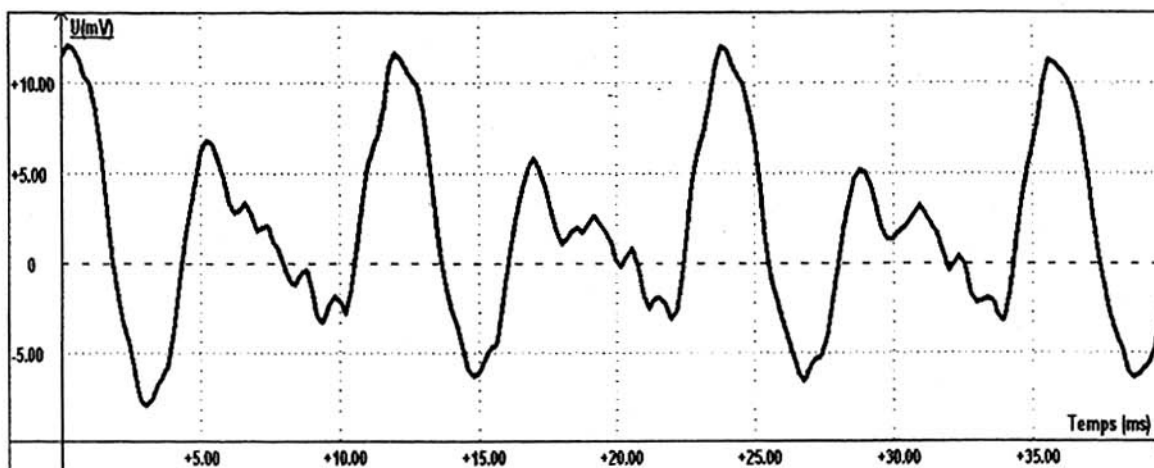


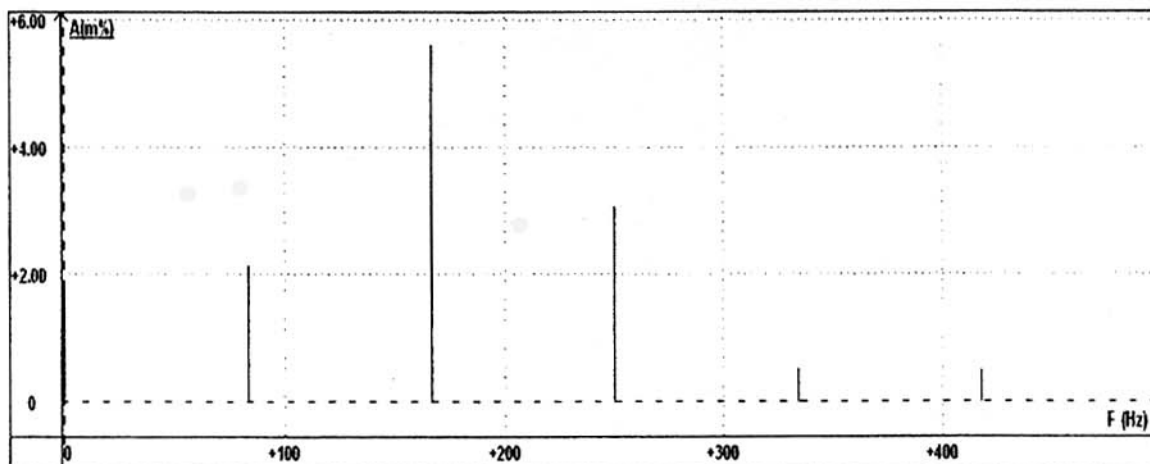
Figure n° 3 : Manche d'une guitare



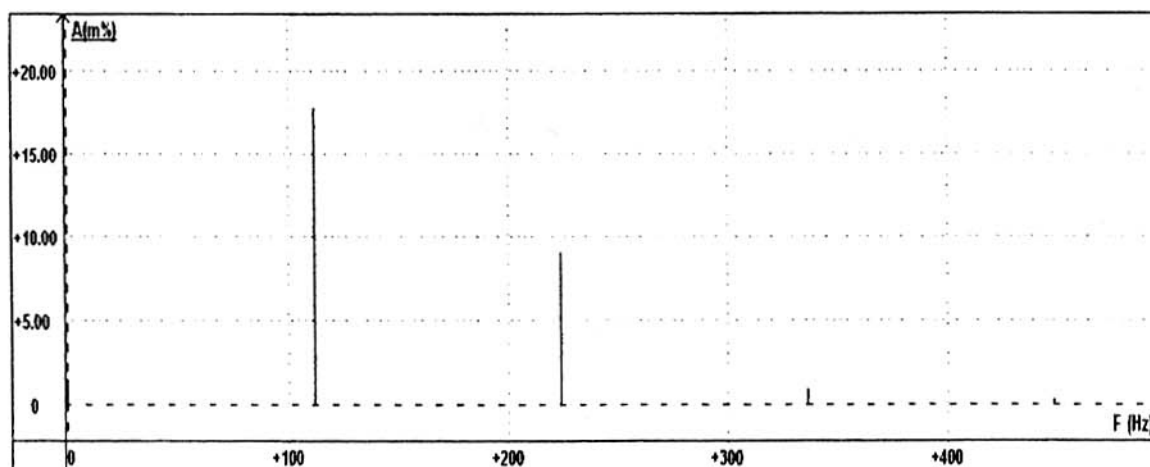
ANNEXE 3
Exercice 3



Courbe 1 : éenregistrement du signal sonore émis par la corde n° 2



Courbe 2 : Diagramme de fréquences n° 1



Courbe 3 : Diagramme de fréquences n° 2